

ANALISIS EMPIRIS ENVIRONMENTAL KUZNETS CURVE (EKC) TERKAIT ORIENTASI ENERGI

Dea Yustisia¹, Catur Sugiyanto²

¹ Center for Public Mental Health Universitas Gadjah Mada
Jl. Humaniora No. 1 Bulaksumur 55281 Yogyakarta, Indonesia. Phone +62 274 550435

² Fakultas Ekonomika dan Bisnis Universitas Gajah Mada
Jalan Sosio Humaniora Nomor 1 Bulaksumur Yogyakarta 55281, Indonesia,
Phone: +62-274-548510, E-mail korespondensi: deayustisia@gmail.com

Naskah diterima: April 2014; disetujui: Agustus 2014

Abstract: The aim of this study is to investigate the existence of Environmental Kuznets Curve (EKC) for panel data of three classifications of countries according to development level and energy orientation, such as consumption of energy, export of energy, import of energy, and share of renewable energy consumption over the period 1991-2010. We use the panel data method to estimate the model for three classifications of countries and do some treatment tests for the data. In general, we find support for the EKC only for middle development countries and for its rejection in other cases and there are different types of energy sources which are significantly affected emission per capita in every country classification. We also found that renewable energy has an important role for sustainable development and we may conclude that investment and joint agreement in clean energy can be significant factors to actualize sustainable development.

Keywords: environmental kuznets curve (EKC); pollution; energy; panel data; development
JEL Classification: Q32, Q43, Q56, O13

Abstrak: Tujuan dari studi ini adalah untuk menginvestigasi eksistensi Kurva Lingkungan Kuznets (EKC) pada data panel dari tiga klasifikasi negara menurut tingkat pembangunan ekonomi dan orientasi energi, seperti halnya konsumsi energi, ekspor energi, impor energi, dan penggunaan energi alternatif pada periode 1991-2010. Kami menggunakan metode data panel untuk mengestimasi model pada tiga klasifikasi negara dan melakukan tes beberapa metode ekonometrika dan statistika untuk data. Secara umum, ditemukan bahwa pembuktian untuk teori EKC hanya pada negara dengan tingkat pembangunan menengah dan terdapat penolakan dalam kasus kategori negara lainnya, serta adanya perbedaan jenis sumber energi yang signifikan mempengaruhi emisi per kapita di setiap klasifikasi negara. Kami juga menemukan bahwa energi alternatif memiliki peran penting bagi pembangunan berkelanjutan dan kami dapat menyimpulkan bahwa investasi dan kesepakatan bersama dalam energi ramah lingkungan dapat menjadi faktor yang signifikan untuk mewujudkan pembangunan berkelanjutan.

Kata kunci: kurva environmental kuznets (EKC); polusi; energi; data panel; pembangunan
Klasifikasi JEL: Q32, Q43, Q56, O13

PENDAHULUAN

Pembangunan berkelanjutan menjadi salah satu isu yang kerap diangkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi yang cukup pesat pada beberapa dekade terakhir. Konsep pembangunan

berkesinambungan memperhatikan tiga aspek utama, yaitu masyarakat (*society*), lingkungan (*environment*), dan perekonomian (*economy*). Seiring bertambahnya degradasi lingkungan, pertanyaan umum pun muncul dalam kajian bidang ekonomi: apakah tingkah pertumbuhan

ekonomi berkesinambungan bisa dicapai, baik dalam skala negara, wilayah maupun dunia secara keseluruhan.

Lean dan Shahbaz (2011) menyebutkan bahwa pembangunan ekonomi yang berkelanjutan akan tercapai beriringan dengan pelestarian lingkungan yang berkelanjutan. Para peneliti dalam bidang ekonomi telah mengkaji hubungan antara tingkat pertumbuhan ekonomi dengan indikator lingkungan dengan menggunakan *Environmental Kuznets Curve* (EKC). Teori ini menyebutkan bahwa tingkat kerusakan lingkungan akan meningkat seiring dengan pembangunan ekonomi dan pada titik tertentu (*turning point*) dalam pencapaian pertumbuhan ekonomi, maka tingkat kerusakan lingkungan akan menurun seiring dengan meningkat yang ditandai dengan kurva huruf U-terbalik (*U-inverted curve*).

Adapun Vollebergh, dkk (2008) mengestimasi EKC pada dua jenis polutan, yaitu CO₂ dan SO₂ pada negara-negara OECD dalam kurun waktu 1960-2000. Studi ini membuktikan bahwa kurva EKC jelas terbentuk dalam kasus polutan SO₂, namun tidak demikian pada kurva EKC CO₂. Studi EKC juga memasukkan variabel eksogen lain dalam estimasinya selain tingkat pendapatan maupun pertumbuhan ekonomi, seperti halnya energi dan perdagangan.

Sementara studi yang dilakukan Suri dan Chapman (1998) menunjukkan bahwa baik negara maju maupun negara berkembang yang sedang melalui tahapan industrialisasi akan meningkatkan kebutuhan terhadap energi yang cukup tinggi pada awalnya untuk mengeksplor.

Beberapa studi terkait dengan pengujian hipotesis EKC dilakukan dalam kategori negara dengan tingkat pertumbuhan sosial ekonomi yang beragam. Hipotesis EKC yang dikaji secara berfokus pada di negara maju, seperti halnya Amerika Serikat (Aldy, 2004), Kanada (He dan Richard, 2009) dan menemukan pembuktian hipotesis EKC pada beberapa kawasan serta pentingnya pengembangan energi alternatif (Iwata, dkk., 2009). Literatur lainnya menganalisis EKC menggunakan data silang antar negara (Sen dan Melenberg, 2011), Fujii dan Shunsuke (2011), serta beberapa studi EKC di negara berkembang (Timakova, 2009), Saboori, dkk. (2012), Waluyo dan Terawaki (2012). Bebe-

rapa hasil empiris terkait dengan EKC telah dilaporkan berdasarkan metode dan sampel yang beragam dengan hasil pembuktian hipotesis dan kesimpulan yang beragam.

Fujii dan Shunsuke (2011) melakukan pengujian hipotesis EKC pada 23 negara OECD yang tergolong negara maju menggunakan tingkat emisi karbondioksida per sektor. Pembuktian hipotesis EKC terlihat pada industri makanan, tekstil, kayu, kimia, kertas, besi, mesin, peralatan transportasi, serta industri konstruksi. Akan tetapi, hipotesis EKC tidak terbukti pada industri pertambangan dan industri logam non-besi yang merupakan industri yang membutuhkan energi yang banyak dalam proses produksinya sehingga menunjukkan fungsi monotonik dan bukan fungsi kuadratik sebagaimana hipotesis EKC.

Selama ini studi terkait EKC dan energi hanya menggunakan pendekatan konsumsi energi sebagai variabel independen dalam beberapa studi (Suri dan Chapman, 1998) dan Richmond dan Kauffman (2003), menemukan bahwa hanya negara maju telah berhasil mengendalikan tingkat konsumsi energi dan mencapai titik balik dalam EKC. Hanya sedikit literatur yang mengkaji bagaimana faktor produksi dan konsumsi berpengaruh di dalam emisi karbondioksida, salah satunya adalah Aldy (2004) yang menggunakan pendekatan emisi karbondioksida dalam proses produksi dan konsumsi di tingkat negara bagian Amerika Serikat. Studi tersebut menemukan bahwa emisi karbondioksida dari konsumsi energi pada negara bagian dengan pendapatan lebih tinggi akan lebih signifikan berpengaruh dibandingkan emisi karbondioksida dari proses produksi energi.

Studi yang dilakukan oleh Yolanda dan Rodriguez (2012) yang meneliti 15 negara OECD periode 1980-2004 menolak hipotesis EKC, harga minyak signifikan dalam semua spesifikasi model bertanda negatif, harga gas dan batu bara tidak signifikan (efek substitusi dengan harga minyak), produksi energi terbarukan signifikan terhadap emisi bertanda negatif. Sementara studi yang dilakukan oleh Waluyo dan Terawaki (2012) periode 1962-2007 dengan metode model runtun waktu ARDL. Adapun variabel yang digunakan dalam studi ini adalah Deforestasi, GDP, penduduk daerah rural, pertumbuhan penduduk, indeks perta-

nian, luas lahan pertanian, produksi kayu, ekspor produk hutan di Indonesia. Hasil studi ini menunjukkan hubungan *inverted-U* pada jangka panjang, yang menunjukkan pola EKC di mana apabila tingkat deforestasi meningkat pada tahapan awal pertumbuhan ekonomi, maka pada ambang batas tingkat deforestasi akan menurun dengan kalkulasi titik balik pendapatan per kapita US\$ 990,4.

Ada empat tujuan dari dilakukannya studi ini yaitu; 1) Untuk menguji teori *Environmental Kuznets Curve* (EKC) pada kelompok negara dengan tingkat pembangunan tinggi, sedang, dan rendah; 2) Untuk menganalisis orientasi konsumsi energi yang berpengaruh terhadap emisi karbondioksida per kapita pada kelompok negara dengan tingkat pembangunan tinggi, sedang, dan rendah; 3) Untuk menganalisis dan pengaruh perilaku ekspor impor energi pada kelompok negara dengan tingkat pembangunan tinggi, sedang, dan rendah; 4) Untuk menganalisis pengaruh energi alternatif terhadap emisi pada kelompok negara dengan tingkat pembangunan tinggi, sedang, dan rendah.

METODE PENELITIAN

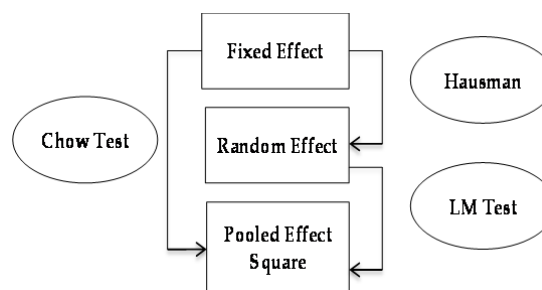
Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam studi ini adalah data panel yang merupakan kombinasi dari data *time series* dan *cross-section*. Dalam data panel, sekelompok unit *cross section* (individu, rumah tangga, negara) diambil datanya dalam sebuah kurun waktu. Jadi data panel adalah data dari beberapa unit *cross section* yang diambil dalam kurun waktu tertentu.

Data panel memiliki kelebihan dibandingkan dengan *time series* dan *cross section*: 1) Data panel dapat digunakan untuk mengatasi heterogeneitas dalam unit mikro. Dalam data *time series* maupun *cross-section* terdapat beberapa variabel penjelas yang tidak terukur (*unmeasured explanatory variable*). Mengabaikan variabel ini dapat menyebabkan bias dalam estimasi. Data panel dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan ini; 2) Data panel meningkatkan variabilitas dengan mengkombinasikan variasi dalam unit mikro dengan *variasi time series* yang dapat mengatasi permasalahan multikolinearitas. Dengan data yang lebih

informatif maka diharapkan estimasi yang lebih efisien dapat dicapai; 3) Data panel dapat digunakan untuk meneliti permasalahan yang tidak dapat dilakukan oleh data *time series* maupun *cross-section*.

Untuk memutuskan model manakah yang paling tepat dari ketiga model yang akan digunakan dalam mengestimasi data panel, perhatikan skema pada gambar 1.



Gambar 1. Alur Pengujian Data Panel

Ketiga pengujian di atas yaitu *Chow test*, *Hausman Test*, dan *LM Test* digunakan untuk memutuskan model yang paling tepat dari ketiga model tersebut.

Studi ini mengembangkan model EKC yang menjelaskan hubungan antara emisi CO2 dengan pendapatan per kapita dengan variabel-variabel penjelas lain terkait dengan orientasi energi sebagaimana disederhanakan pada model berikut:

$$\begin{aligned} \ln(E/P)_{it} = & \alpha_i + \beta_1 \ln(GDP/P)_t + \\ & \beta_2 (\ln(GDP/P))_{it}^2 + \ln(coal)_{it} + \\ & \ln(oil)_{it} + \ln(export_ener)_{it} + \\ & \ln(renew_ener)_{it} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad 1)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi ini menguji mengenai pengaruh emisi karbondioksida dan pertumbuhan ekonomi serta melakukan pembuktian dari *Environmental Kuznets Curve* pada 17 negara yang dibagi tiga kelompok negara serta menguji pengaruh variabel yang berpengaruh terkait dengan orientasi energi, yaitu: konsumsi energi (batu bara, minyak bumi, dan gas alam), ekspor energi, impor energi, dan pengembangan

energi alternatif selama kurun waktu 20 tahun (1991- 2010).

Dalam studi ini telah dilakukan uji statistik pada variabel dependen dan independen. Selain uji statistik dilakukan juga uji F , uji hausman, uji asumsi klasik dan uji stasioner dan kointegrasi pada data panel. Uji F digunakan untuk membandingkan apakah parameter antara satu grup/model berbeda dengan parameter grup/model lainnya. Dalam hal ini, uji F membandingkan parameter yang diperoleh pada model PLS dengan model FE. Hipotesis nol pada uji ini adalah parameter pada kedua model sama atau stabil. Nilai F statistik menunjukkan nilai probabilitas yang signifikan kurang dari 0,05 dari nilai kritisnya. Bukti ini menolak hipotesis nol tentang stabilitas parameter sehingga model FE lebih tepat untuk digunakan dalam mengestimasi persamaan pada ketiga kelompok negara.

Uji Hausman mengikuti distribusi statistik X^2 dengan derajat kebebasan k yang merupakan jumlah variabel independen. Jika nilai X^2 statistik lebih besar dari nilai kritisnya, maka hipotesis nol tidak diterima sehingga kesimpulannya adalah lebih tepat menggunakan *fixed effect* (Greene, 2000). Hasil pengujian pada tiga klasifikasi negara mendapatkan nilai *chi-square* masing-masing sebesar 116,33 (HDC); 7.752,17 (MDC), dan 55,76 (LDC) yang lebih besar dari nilai kritisnya pada $\alpha = 5\%$ dengan d.f(8) sebesar 21,955. Nilai tersebut menolak hipotesis nol dan mengarahkan pada penggunaan model FE karena lebih konsisten dalam mengestimasi model pada tiga kelompok negara. Uji Hausman tersebut semakin menegaskan pengujian sebelumnya bahwa model FE adalah yang paling tepat digunakan.

Ada beberapa uji asumsi klasik pengujian pemilihan model, disimpulkan bahwa model FE adalah yang paling tepat digunakan sebagai model estimasi. Akan tetapi, hasil estimasi model FE belum dapat sepenuhnya dipercaya terlepas dari permasalahan asumsi klasik seperti heteroskedastisitas, autokorelasi, dan multikolinearitas.

Pengujian pertama untuk model FE adalah uji heteroskedastisitas. Hasil pengujian memberikan nilai *chi-square* masing-masing adalah 71,15 (HDC); 65,59 (MDC); dan 370,18 (LDC)

lebih besar dari nilai kritisnya pada d.f (7) $\alpha = 5\%$ sebesar 14,07. Nilai tersebut menolak hipotesis nol tentang homoskedastisitas, sehingga terdapat permasalahan heteroskedastisitas model FE.

Kedua, melakukan uji autokorelasi dengan menggunakan *Wooldridge test for autocorrelation in panel data* menggunakan Stata 12 untuk mengetahui apakah terdapat korelasi satu observasi dengan observasi lain yang berlainan waktu dan didapatkan nilai F statistik sebesar masing-masing 1,137 (HDC); 5,106 (MDC); dan 11,486 (LDC) dengan nilai kritisnya pada d.f (1,6) $\alpha = 5\%$ sebesar 5,99 pada HDC dan d.f(1,4) $\alpha = 5\%$ sebesar 7,71 pada MDC dan LDC. Hasil ini menunjukkan bahwa HDC dan MDC tidak menolak hipotesis nol tentang tidak adanya autokorelasi pada orde pertama, namun LDC menolak hipotesis nol sehingga diambil kesimpulan bahwa tidak terdapat permasalahan autokorelasi serial pada model FE pada HDC dan MDC pada $\alpha = 5\%$ dan terdapat permasalahan autokorelasi serial pada LDC.

Pengujian terakhir uji multikolinearitas adalah mendeteksi hubungan antarvariabel-variabel yang digunakan dalam model menggunakan matriks korelasi. Korelasi yang cukup tinggi hanya terlihat pada konsumsi minyak bumi- konsumsi gas alam dan impor energi- *renewable energy* pada HDC, serta emisi- GDP dan impor-ekspor energi pada LDC yang korelasinya mencapai di atas 80%.

Hasil estimasi tersebut memperlihatkan tidak terdapat *perfect collinearity*, sehingga hasil estimasi tidak bias dan BLUE (*Best Linear Unbiased Estimators*) (Gujarati 2003).

Selain uji statistik dan uji asumsi klasik, dalam studi ini juga melakukan uji stasioneritas dan Kointegrasi.

Tabel 1 membandingkan hasil uji *unit root* antara variabel pada level dan pada derajat satu. Semua variabel pada level memiliki akar unit atau tidak stasioner pada level, kecuali impor energi pada LDC, sedangkan seluruh variabel yang didiferensiasi stasioner pada tingkat yang sama, yakni pada derajat satu. Hasil ini memenuhi syarat untuk melakukan uji kointegrasi untuk mengetahui apakah antara variabel-variabel tersebut memiliki hubungan jangka panjang.

Tabel 1. Uji akar-akar unit data panel

Variabel	High Development Countries		Middle Development Countries		Low Development Countries	
	Level	I(1)	Level	I(1)	Level	I(1)
Ln_emisipc	19,2243 (0,1566)	104,5182 (0,0000)	11,9451 (0,2887)	76,3855 (0,0000)	5,1595 (0,8803)	89,0000 (0,0000)
Ln_gdppc	8,1800 (0,8797)	62,8714 (0,0000)	2,9892 (0,9817)	67,4198 (0,0000)	0,3943 (1,0000)	27,1529 (0,0025)
Ln_gdppc_sq	7,7893 (0,8996)	63,4053 (0,0000)	2,5657 (0,9899)	67,5729 (0,0000)	0,1828 (1,0000)	24,4182 (0,0066)
Ln_oil_cons	10,9324 (0,6913)	107,2534 (0,0000)	37,9325 (0,0000)	58,3068 (0,0000)	6,5502 (0,7671)	57,8136 (0,0000)
Ln_coal_cons	9,7266 (0,7819)	90,9686 (0,0000)	8,1994 (0,6094)	90,3791 (0,0000)	3,8046 (0,9557)	67,8117 (0,0000)
Ln_gas_cons	16,2571 (0,2979)	115,6055 (0,0000)	14,3673 (0,1569)	85,6499 (0,0000)	5,4030 (0,8627)	39,3803 (0,0000)
Ln_renew_ener	17,0245 (0,2549)	151,2248 (0,0000)	12,1494 (0,2752)	90,9016 (0,0000)	3,8077 (0,9556)	84,7633 (0,0000)
Ln_ener_export	5,8506 (0,9701)	120,1391 (0,0000)	5,5405 (0,8523)	58,1714 (0,0000)	6,1883 (0,7992)	60,7842 (0,0000)
Ln_ener_import	1,0872 (1,000)	116,7642 (0,0000)	0,7771 (0,9999)	95,4840 (0,0000)	140,4509 (0,0000)	61,4122 (0,0000)

Uji kointegrasi panel yang digunakan pada studi ini menggunakan uji yang dikembangkan oleh Westerlund dan Persyn (2008). Uji ini menentukan apakah individu panel merupakan *error correcting*. Nilai statistik Gt dan Ga menguji H0: $\alpha_i = 0$ untuk semua i dengan H1: $\alpha_i < 0$ untuk minimal satu i . Sedangkan nilai Pt dan Pa menguji H0: $\alpha_i = 0$ untuk semua i dengan H1: $\alpha_i < 0$ untuk semua i . Nilai *P-value* pada statistik Pa menunjukkan signifikansi sehingga menolak hipotesis nol tentang tidak ada kointegrasi, sehingga disimpulkan bahwa terdapat kointegrasi atau hubungan jangka panjang antara kerusakan lingkungan dengan pertumbuhan ekonomi.

Pengujian *unit root* dan kointegrasi pada data panel dilakukan untuk mengetahui apakah antarvariabel terkointegrasi sehingga layak untuk melakukan estimasi variabel pada level (Baltagi, 2005). Hasil diagnostik *unit root* dan kointegrasi pada studi ini menyimpulkan bahwa model EKC dapat diestimasi dengan menggunakan variabel pada level.

Tabel 2. Uji Kointegrasi variabel emisi dan GDP per kapita

Statistik	Kelompok Negara	Value	Z- Value	P-Value
Gt	HDC	-1,826	-1,123	0,131
	MDC	-2,313	-1,987	0,023
	LDC	-2,544	-2,481	0,007
Ga	HDC	-4,933	0,431	0,667
	MDC	-6,167	-0,140	0,444
	LDC	-4,129	0,693	0,756
Pt	HDC	-6,388	-2,941	0,002
	MDC	-4,451	-1,773	0,038
	LDC	-4,742	-1,992	0,023
Pa	HDC	-8,567	-3,276	0,001
	MDC	-4,058	-0,172	0,238
	LDC	-3,404	-0,413	0,340

Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi (GDPPC dan GDPPC²) terhadap Emisi CO₂ per kapita, menunjukkan bahwa Environmental Kuznets Curve hanya terjadi pada *middle development countries*, sedangkan *high development countries* dan *low development countries* menunjukkan gejala bahwa indikator kerusakan lingkungan terus meningkat dan belum mencapai titik balik, bahkan pada LDC tampak bahwa tingkat

pertumbuhan ekonomi tidak signifikan mempengaruhi kerusakan lingkungan.

Karena model persamaan menggunakan logaritma natural, maka interpretasi koefisien parameter merupakan elastisitas antara variabel independen dan dependen. Pada HDC, nilai $\beta_1 < 0$ dan nilai $\beta_2 > 0$ sehingga memiliki pola sebagaimana kurva U, yang merupakan lawan dari kurva EKC. Pada HDC, awalnya ketika tingkat pendapatan per kapita naik sebesar 1%, maka tingkat emisi karbondioksida akan turun sebesar 9,32% *ceteris paribus* hingga akhirnya mencapai titik minimum tertentu, yaitu pada tingkat pendapatan sebesar US\$3.472,719. Titik minimum tersebut merupakan titik balik yang merupakan permulaan hubungan pendapatan per kapita dan emisi CO₂ per kapita akan kembali berbanding lurus, sehingga peningkatan pertumbuhan ekonomi sebesar 1% selanjutnya menaikkan tingkat emisi CO₂ per kapita sebesar 0,47% *ceteris paribus*. Pada MDC, teori EKC tersebut terbukti dengan nilai $\beta_1 > 0$ dan nilai $\beta_2 < 0$ dan menunjukkan kurva *inverted-U*. Pada awalnya ketika tingkat pendapatan per kapita naik sebesar 1%, maka tingkat emisi karbondioksida akan naik sebesar 1,95% *ceteris paribus* hingga akhirnya mencapai titik maksimum tertentu, yaitu pada tingkat pendapatan sebesar US\$1.539,56. Selanjutnya, hubungan pendapatan per kapita dan emisi CO₂ per kapita akan berbanding terbalik, sehingga peningkatan pertumbuhan ekonomi sebesar 1% justru menurunkan tingkat emisi CO₂ per kapita sebesar 0,075% *ceteris paribus*.

Pengaruh Konsumsi Energi Batu Bara, Minyak Bumi, dan Gas Alam terhadap Emisi CO₂, terdapat tiga klasifikasi negara (HDC, MDC, dan LDC) memiliki pola konsumsi energi yang berbeda-beda. Konsumsi energi minyak bumi didominasi oleh HDC, sedangkan konsumsi energi batubara didominasi oleh LDC. Untuk negara MDC sendiri, pola konsumsinya berimbang dalam ketiga jenis energi tersebut, bahkan dapat dikatakan rendah apabila dibandingkan dengan pola konsumsi HDC dan LDC, hal ini dipengaruhi pula oleh *country size* dan *population effect*.

Pada HDC, konsumsi energi minyak bumi memiliki efek terhadap emisi paling besar yaitu setiap kenaikan konsumsi energi minyak bumi

sebesar 1% maka emisi karbondioksida per kapita akan tumbuh sebesar 0,25% *ceteris paribus* sedangkan setiap kenaikan konsumsi energi gas alam sebesar 1% akan meningkatkan emisi karbondioksida per kapita sebesar 0,0663% *ceteris paribus*. Kedua jenis energi ini pula yang mempengaruhi emisi karbondioksida per kapita pada MDC. Pada MDC sendiri, setiap kenaikan konsumsi energi minyak bumi sebesar 1% maka emisi karbondioksida per kapita akan tumbuh sebesar 0,286% *ceteris paribus* dan setiap kenaikan konsumsi energi gas alam sebesar 1% akan meningkatkan emisi karbondioksida per kapita sebesar 0,06% *ceteris paribus*.

Pola konsumsi energi yang mempengaruhi emisi karbondioksida per kapita pada dua klasifikasi negara tersebut berbeda pada LDC, di mana hanya konsumsi energi batubara yang mempengaruhi emisi karbondioksida per kapita. Pada LDC, setiap kenaikan konsumsi energi batubara sebesar 1% maka tingkat emisi per kapita akan naik sebesar 0,25%. Hal ini menunjukkan bahwa pola konsumsi energi pada tiga klasifikasi negara tersebut memiliki efek substitusi tersendiri sebagaimana terangkum dalam Rodriguez dan Pena-Boquete (2012) di mana LDC masih menggunakan mayoritas energi yang tidak ramah lingkungan.

Pengaruh Ekspor dan Impor Energi terhadap Emisi CO₂, ternyata tidak terlalu signifikan mempengaruhi emisi CO₂ per kapita pada ketiga klasifikasi negara. Hanya pada HDC ditemukan bahwa variabel impor energi signifikan mempengaruhi emisi karbondioksida per kapita, yaitu apabila terdapat kenaikan impor energi sebesar 1% maka akan terjadi penurunan emisi karbondioksida per kapita sebesar 0,08% *ceteris paribus*. Hal ini sejalan dengan kajian yang telah dilakukan Mehrara dan Hossein (2011) bahwa impor akan mendorong pengurangan kerusakan lingkungan. Akan tetapi hal ini patut diwaspadai karena terjadi perpindahan proses produksi barang.

Pengaruh Pengembangan Energi Alternatif terhadap Emisi CO₂, memiliki dampak yang signifikan terhadap *high development countries*, *middle development countries*, maupun *low development countries* bahkan pada $\alpha = 1\%$. Hal ini menunjukkan bahwa pengembangan energi alternatif sangat dibutuhkan untuk mendorong

clean environment dan sustainable development.

Pada model, dampak terbesar dari penggunaan energi alternatif terhadap emisi per kapita dirasakan oleh HDC, di mana setiap kenaikan 1% dari *share* penggunaan energi nuklir dan alternatif akan mampu menurunkan emisi karbondioksida per kapita sebesar 0,2356% *ceteris paribus* dan pada LDC, setiap kenaikan 1% dari *share* penggunaan energi nuklir dan alternatif akan menurunkan emisi karbondioksida per kapita sebesar 0,234% *ceteris paribus*. Pengaruh variabel energi alternatif ini tidak berdampak terlalu besar pada MDC apabila dibandingkan dengan HDC dan LDC, di mana pada MDC setiap kenaikan 1% dari *share* energi alternatif terhadap total penggunaan energi hanya mampu menurunkan emisi per kapita sebesar 0,113% *ceteris paribus*. Hal ini semakin mempertegas bahwa pengembangan energi alternatif memiliki dampak yang relatif besar demi terwujudnya pembangunan berkesinambungan.

SIMPULAN

Untuk menganalisis hubungan antara degradasi lingkungan dengan pembangunan ekonomi terkait orientasi energi serta menghindari adanya *omitted variables bias*, studi ini menggunakan variabel selain pendapatan per kapita dalam menganalisis *Environmental Kuznets Curve*, yaitu konsumsi energi, ekspor impor energi, dan *share* penggunaan energi alternatif yang didasarkan pada studi-studi sebelumnya. Selain itu, untuk mengatasi kritik-kritik yang ditujukan pada studi EKC (Cole (2003) dan Stern (2004)), dilakukan pengujian heteroskedastisitas yang selama ini sering diabaikan pada studi EKC sebelumnya. Pengujian akar-akar unit pada data panel juga dilakukan dan diperoleh bahwa variabel-variabel pada model tidak stasioner pada *level* namun stasioner pada diferensiasi pertama. Akan tetapi, pengujian kointegrasi menunjukkan bahwa terdapat hubungan jangka panjang antara variabel independen dengan variabel dependen sehingga terdapat hubungan jangka panjang yang stabil. Pengujian-pengujian yang dilakukan tersebut diharapkan dapat menghasilkan estimasi yang baik.

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari studi ini adalah: *Pertama*, Teori EKC hanya terbukti pada *middle development countries*, sedangkan *high development countries* dan *low development countries* menunjukkan gejala bahwa indikator kerusakan lingkungan terus meningkat dan belum mencapai titik balik, bahkan pada LDC tampak bahwa tingkat pertumbuhan ekonomi tidak signifikan mempengaruhi kerusakan lingkungan; *Kedua*, Konsumsi energi yang signifikan berpengaruh terhadap emisi karbondioksida pada HDC dan MDC adalah minyak bumi dan gas alam, sedangkan pada LDC hanya konsumsi batubara yang memiliki pengaruh signifikan terhadap emisi karbondioksida dengan koefisien beta 0,235. Pada HDC, energi minyak bumi memiliki efek terhadap emisi paling besar begitu pula dengan MDC dengan nilai koefisien beta masing-masing 0,250 dan 0,286; *Ketiga*, LDC memiliki proporsi ekspor tertinggi yang mencapai rata-rata 14,6% melampaui MDC dan HDC yang nilai proporsi rata-ratanya masing-masing 6,84% dan 10,18%. Namun rata-rata nilai ekspor LDC relatif rendah bila dibandingkan dengan rata-rata nilai ekspor MDC dan HDC, yaitu sebesar US\$5,582 juta (LDC), US\$7,132 juta (MDC), dan US\$18,294 juta (HDC). LDC memiliki proporsi impor energi tertinggi dengan rata-rata sebesar 16,08%. Nilai ini tidak jauh berbeda dengan rata-rata proporsi impor energi MDC sebesar 13,17% dan HDC sebesar 10,58%. Rata-rata nilai impor energi cukup tinggi apabila dibandingkan dengan nilai ekspornya, masing-masing sebesar US\$58,14 juta; US\$16,74 juta, dan US\$22,31 juta. Pola ekspor dan impor energi ternyata tidak terlalu signifikan mempengaruhi emisi CO₂ per kapita pada ketiga klasifikasi negara. Hanya pada *high development countries* ditemukan bahwa variabel impor energi signifikan mempengaruhi emisi karbondioksida per kapita dengan koefisien beta sebesar -0,08; *Keempat*, Pengembangan energi alternatif dan nuklir memiliki dampak yang signifikan pada masing-masing kategori negara. Hal ini menunjukkan bahwa pengembangan energi alternatif sangat dibutuhkan untuk mendorong *clean environment dan sustainable development.*

Beberapa rekomendasi yang dapat diberikan dari studi ini adalah: 1) Untuk perkembangan studi EKC yang lebih, indikator degra-

dasi lingkungan dapat lebih diperluas cakupannya dan fokus pada negara amatan tertentu (model *time series*), sehingga dapat diperoleh hasil yang spesifik dan mendalam; 2) Setiap negara harus dapat mempertahankan dan menguatkan regulasi lingkungan yang diterapkan di lingkungan internal, seperti pemberlakuan pajak lingkungan yang lebih baik. Salah satu contoh pemberlakuan pajak adalah menerapkan pajak lebih besar pada bahan bakar yang tidak ramah lingkungan dan memberlakukan pajak karbon dengan menetapkan besar pajak pada tiap ton emisi CO₂. Regulasi lingkungan tersebut dikuatkan dengan didukung oleh perundangan dan penegakan hukum; 3) Bagi negara maju dengan tingkat pembangunan tinggi, kebijakan untuk menahan laju polusi sangat diperlukan mengingat bahwa negara yang termasuk dalam klasifikasi ini merupakan negara penyumbang emisi yang cukup besar dalam tataran global; 4) Bagi negara sedang berkembang dengan tingkat pembangunan yang masih rendah diharapkan agar proses pembangunan tidak hanya bertujuan pada sisi pertumbuhan ekonomi, namun melibatkan pula aspek lingkungan di dalamnya; 5) Pentingnya investasi dalam studi, penggunaan dan penyediaan infrastruktur energi alternatif yang secara interdisipliner, baik dalam lingkup lokal maupun internasional; 6) Pentingnya mekanisme kesepakatan seperti *Clean Development Mechanism* (CDM) dan *Joint Implementation*. Masing-masing negara dapat menguatkan kebijakan lingkungan yang paling sesuai sesuai dengan kondisi sosial, regional, serta kontur lingkungannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldy, J.E. (2004). An Environmental Kuznets Curve Analysis of U.S. State-Level Carbon Dioxide Emissions. *Department of Economics, Harvard University*.
- Baltagi, B.H. (2005). *Econometric analysis of panel data*. 3rd ed. Chichester: John Wiley.
- Fujii, H dan Shunsuke, M. (2011). Is environmental Kuznets Curve supported to Sector-Level CO₂ Emission? Empirical Study for 10 Industries in OECD Countries. *Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University*.
- Greene, W. H., eds. (2000). *Econometric analysis*. 4th ed. New Jersey: Prentice-Hall.
- Gujarati, D. N. (2003). *Basic econometrics*. 4th ed. New York: McGraw Hill.
- He, J. dan Richard, P. (2009). *Environmental Kuznets Curve for CO₂ in Canada, Cahiers de recherche 09-13*, Departement d'Economique de la Faculte d'administration à l'Université de Sherbrooke.
- Iwata, H., K. Okada. dan S. Samreth, (2009). Empirical study of the environmental Kuznets Curve for CO₂ in France: The Role of Nuclear Energy. *MPRA Paper*, 18997.
- Kaufmann, R. *et.al.* (1998). The determinants of atmospheric SO₂ concentrations: re-considering the Environmental Kuznets Curve. *Ecological Economics*, 25(2): 209-220.
- Lean, H. H. dan Shahbaz. M.S. (2011). Environmental Kuznets Curve and The Role of Energy Consumption in Pakistan. Monash University: *Development Research Unit Discussion Paper DEVDP 10/05*.
- Mehrara, M. dan Hossein A. (2011). Pollution, energy consumption and economic growth: Evidence from India, China and Brazil. *Journal of Social and Development Sciences* 2 (5): 233-242.
- Yolanda, P.B. dan Rodriguez, M. (2012). Another Look at CO₂ Emissions Modeling: the role of energy prices in developed countries. *Rede (Research in Economics, Business and the Environment)*, Universidade de Vigo
- Richmond, A.K. dan Kaufmann, R.K. (2003). Energy prices and turning points: the relationship between income and energy use/carbon emissions, *The Energy Journal, International Association for Energy Economics*, Number 4, 157-180.
- Saboori, B., Jamalludin BS dan Saidatulakmal M. (2012). An empirical analysis of the Environmental Kuznets Curve for CO₂ emissions in Indonesia: the role of energy consumption and foreign trade.

- International Journal of Economics and Finance* 4(2).
- Sen, S. dan Melenberg, B. (2011). *The environmental Kuznets Curve: A Panel Data Analysis*. Tilburg University.
- Suri, V. and D. Chapman, (1998). Economic growth, trade and the energy: Implications for the Environmental Kuznets Curve. *Ecological Economics*, 25(2):195-208.
- Timakova, M. (2009). Is the Environmental Kuznets Curve valid for the economic growth-environmental situation relationship of developing countries? *Bachelor Thesis Erasmus University of Rotterdam*
- Waluyo, E.A. dan Terawaki, T. (2012). Environmental Kuznets Curve for deforestation in Indonesia: An ARDL bounds testing approach. *Forestry Research Institute, The Ministry of Forestry Republic of Indonesia*.
- Westerlund, J. dan Persyn, D. (2008). Error correction cointegration tests for Panel Data. *The Stata Journal*, 8(2): 232-241.
- Vollebergh, Herman R.J., Bertrand Melenberg, dan Elbert Dijkgraaf, (2008). Identifying Environmental Kuznets Curves: The Case of SO₂ and CO₂ Emissions.

LAMPIRAN

Tabel 3. Hasil Estimasi Stata 12

Variabel Independen	HDC			MDC			LDC		
	PLS	RE	FE	PLS	RE	FE	PLS	RE	FE
C	31,10993 (16,10999)*	31,10993 (16,10999)*	49,76587 (17,10624)***	-0,237223 (6,332119)	-0,237223 (6,332119)	-9,978234 (3,392618)***	-0,7391419 (2,534015)	-0,7391419 (2,534015)	-0,6834312 (2,366423)
Lnngdppc	-5,478104 (3,158398)*	-5,478104 (3,158398)*	-9,315486 (3,378164)***	-5,16157 (1,407061)	-5,16157 (1,407061)	1,945835 (0,7780116)**	-0,4522646 (0,8001696)	-0,4522646 (0,8001696)	-0,4813052 (0,7772699)
Lnngdppc2	0,2738437 (0,1545691)*	0,2738437 (0,1545691)*	0,4696457 (0,1663442)***	0,1051911 (0,0800365)	0,1051911 (0,0800365)	-0,0753813 (0,0403717)*	0,1034895 (0,0575468)*	0,1034895 (0,0575468)*	0,0790572 (0,0555421)
Lnloicons	0,1686745 (0,0237065)***	0,1686745 (0,0237065)***	0,2507239 (0,0801164)***	0,0345256 (0,0593301)	0,0345256 (0,0593301)	0,2858975 (0,0824248)***	-0,0709086 (0,092502)	-0,0709086 (0,092502)	-0,0123739 (0,1456433)
Lncoalcons	-0,0728051 (0,0069131)***	-0,0728051 (0,0069131)***	0,0180997 (0,0208161)	0,2064371 (0,0372885)***	0,2064371 (0,0372885)***	-0,0017674 (0,0163043)	0,2005274 (0,0309599)***	0,2005274 (0,0309599)***	0,2352088 (0,0495876)***
Lnagascons	0,0496419 (0,0218578)**	0,0496419 (0,0218578)**	0,0663967 (0,03646)*	-0,1838526 (0,040642)***	-0,1838526 (0,040642)***	0,0603696 (0,02551)**	-0,0115342 (0,0448626)	-0,0115342 (0,0448626)	-0,038522 (0,0455898)
Lnrenew	-0,4134897 (0,011781)***	-0,4134897 (0,011781)***	-0,2355672 (0,0718706)***	-0,4810494 (0,0347869)***	-0,4810494 (0,0347869)***	-0,1128644 (0,0369831)***	-0,2717243 (0,0357524)***	-0,2717243 (0,0357524)***	-0,2341344 (0,0709496)***
Lnexport	-0,0202619 (0,0063455)***	-0,0202619 (0,0063455)***	-0,0052575 (0,0058102)	0,082199 (0,0255372)***	0,082199 (0,0255372)***	-0,0128349 (0,0132087)	0,0580926 (0,0149727)***	0,0580926 (0,0149727)***	-0,0033932 (0,0356789)
Lnimport	-0,0318018 (0,0091617)***	-0,0318018 (0,0091617)***	-0,0811129 (0,0132723)***	-0,1192508 (0,0424649)***	-0,1192508 (0,0424649)***	-0,0210572 (0,0215117)	-0,0768914 (0,0161769)	-0,0768914 (0,0161769)	0,0259274 (0,0279128)
R2 within	0,2566	0,2566	0,4517	0,6912	0,6912	0,9333	0,8384	0,8384	0,8943
R2 between	0,9976	0,9976	0,6567	0,9984	0,9984	0,4836	0,9995	0,9995	0,6975
R2 overall	0,9686	0,9705	0,6428	0,9508	0,9550	0,5212	0,9857	0,9871	0,6984
F	493,99***		10,39***	227,91***		84,61***	704,82***		74,27***
F (ui=0)			15,79***			16,70***			12,96***
Observasi	129	129	129	95	95	95	93	93	93

Tanda *, **, dan *** masing-masing menunjukkan signifikansi pada $\alpha = 1$ persen, 5 persen, dan 10 persen